المراجعة النهائية في مادة الفيزياء للصف الثاني عشر - الفصل الدراسي الثاني

الفصل السابع : تطور النموذج الذري

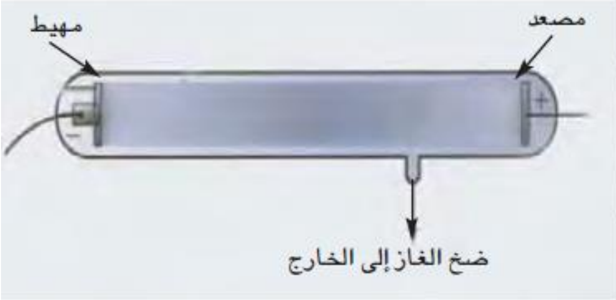
أولا :أهم التعريفات

أشعة المهبط : جسيمات سالبة الشحنة تنبعث من المهبط متجهه إلى المصعد وتنحرف عن مسارها عند تعرضها لمجال مغناطيسي أو مجال كهربي ، وأطلق عليها الإلكترونات .

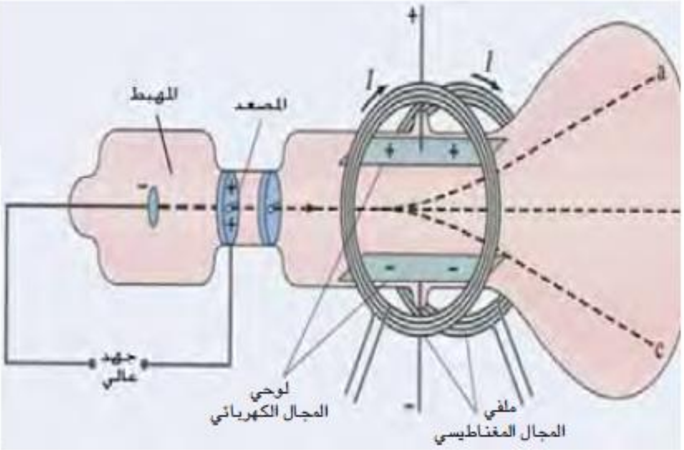
2- الشحنة النسبية للإلكترون $(\frac{e}{m})$: هي النسبة بين شحنة الإلكترون إلى كتلته .

3- الاسبكترومیتر (مقياس الطيف) : هوجهاز يستخدم في تحليل أطياف العناصر .

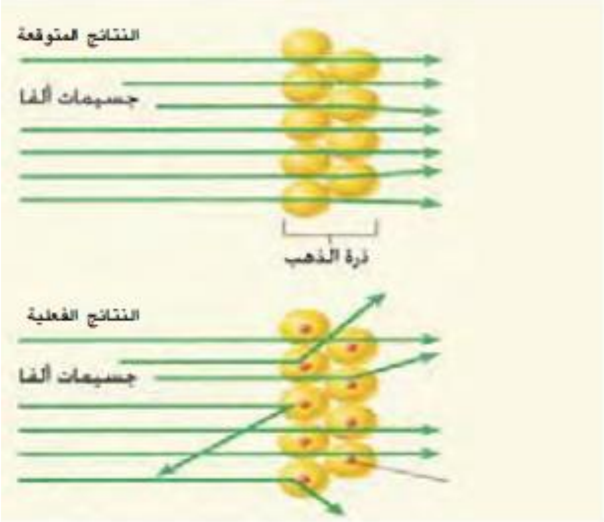
رسومات توضيحية هامة

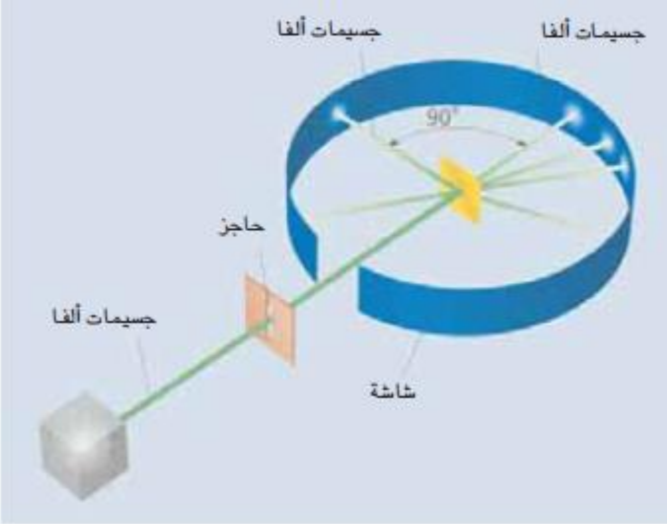


أنبوبة تفريغ غازي



أشعة المهبط تنحرف تحت تأثير المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي.





تجربة رذر فورد

تعليلات وتفسيرات هامة

1- تسمية أشعة المهبط بهذا الاسم
لأنها تخرج من اللوح المعدني المتصل بالقطب السالب (المهبط) لمصدر الجهد الكهربي العال.

2- انحراف أشعة المهبط (في شكل قطع مكافىء) عند تعرضها لمجال كهربي منتظم .
لأنها جسيمات سالبة الشحنة تتأثر بالمجال الكهربي وتتسارع نحو القطب الموجب

3- رغم احتواء ذرة الهيدروجين على الكترون واحد إلا أن لها أطياف متعددة .
لوجود إلكترون ذرات الهيدروجين المثارة في مستويات مختلفة وانتقاله إلى مستويات أرضية (دنيا) مختلفة .

4- سهولة دراسة وملاحظة متسلسلة بالمر عن غيرها من متسلسلات طيف ذرة الهيدروجين
لأنها تقع في منطقة الطيف المنظور

5- استخدام مصطلح (مستويات الطاقة في الذرة)بدلاً من استخدام مصطلح (المدارات) كأشكال هندسية .
لأن طاقة الإلكترون في مداره هي التي تحدد الطول الموجي للفوتون المنبعث .

6- يسهل دراسة الخصائص الموجية للجسيمات الذرية (الميكروسكوبية) بينما يصعب ذلك للأجسام المادية (الماكروسكوبية)

لأن الطول الموجي المصاحب لحركة الأجسام يتعين من العلاقة : $\lambda = \frac{h}{mv}$ وحيث أن كتل الجسيمات الذرية صغيرة جداً فيكون الطول الموجي المصاحب لحركتها كبير فيمكن ملا حظة سلوكها الموجي كالتداخل والحيود ، هذا بخلاف الأجسام الكبيرة .

7- المجهر الإلكتروني يكون صوراً أكبر حجماً وأكثر دقة من المجهر الضوئي
لأن العينة في المجهر الإلكتروني تضاء بشعاع إلكتروني حيث أن الطول الموجي المصاحب للإلكترون أصغر بكثير من الطول الموجي للضوء العادي .

8- الطول الموجي المصاحب لحركة الإلكترون أكبر من الطول الموجي المصاحب للبروتون المتحرك بنفس السرعة .
لأن كتلة الإلكترون أصغر بكثير من كتلة البروتون حيث أن : $\lambda \; \alpha \; \frac{1}{m}$ (حسب علاقة دي برولي) .

9- أهمية استخدام مجالين أحدهما كهربي وآخر مغناطيسي متعامدين في تجربة طومسون .
للحصول على شرط اتزان أشعة المهبط وحساب الشحنة النسبية ($e/_m$) للإلكترون

10- يطبق جهد كهربي عال بين لوحي المهبط والمصعد في تجربة طومسون .
لتعجيل أشعة المهبط (إكسابها سرعة ومن ثم طاقة حركة) .

11- فشل نموذج رذرفورد في تفسير استقرار البناء الذري .
لأن تسارع الإلكترونات السالبة الشحنة حول النواة يصدرعنها إشعاعات (طبقاً لنظرية الإشعاع الكهرومغناطيسي) فتقترب الإلكترونات من النواة تدريجياً حتى تسقط فيها وهذا لايحدث في الواقع .

12- لم يستطع نموذج رذر فورد تفسير الأطياف الذرية للعناصر .
لأنه طبقاً لهذا النموذج فإن إشعاع الذرات طيف مستمر(يحتوي على كل الترددات والأطوال الموجية الممكنة) ويتعارض هذا مع نتائج التجارب العملية التي أثبتت أن أطياف الذرات أطياف خطية مميزة لكل عنصر

13- للإلكترون طبيعة مزدوجة
لأن يصاحب حركته خواص موجية تتضح من خلال ظاهرة حيود الالكترونات بالإضافة إلى خواصه الجسيمية من حيث أن له كتلة وسرعة و..... إلخ .

أسئلة مقالية

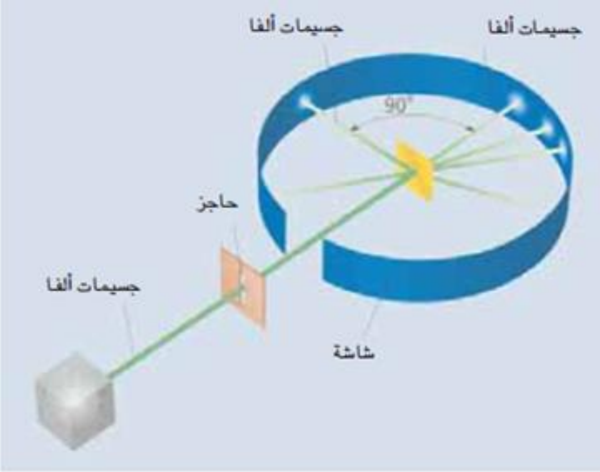
1- ما الهدف من تجربة طومسون ، وماذا يحدث للنسبة (e/m) عند مضاعفة فرق الجهد الكهربي (V).

الهدف من التجربة : قياس الشحنة النسبة لأشعة المهبط (الإلكترون) لا تتغير النسبة (e/m) لأنها مقدار ثابت .

2- ما هو شرط اتزان الشعاع الالكتروني في تجربة طومسون .

أن تتساوى القوة المغناطيسية مع القوة الكهربائية في المقدار ويتعاكسان في الاتجاه .

3- اشرح باختصار التجربة التي من خلالها توصل رذرفورد إلى نموذجه الذري .



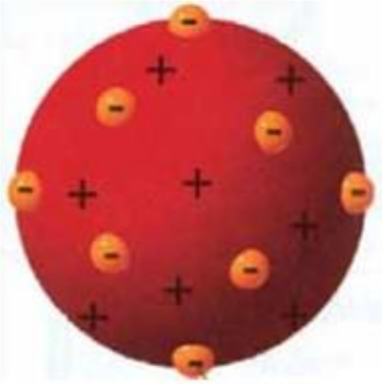
قذف شريحة رقيقة من الذهب بجسيمات ألفا الموجبة وسجل الملاحظات التالية :

أ- نفاذ معظم جسيمات ألفا دون انحرافها ومنها : معظم حجم الذرة فراغ

ب- انحراف بعض جسيمات ألفا عن مسارها

ج- ارتداد القليل من الجسيمات إلى الخلف ومنها : تتركز كتلة الذرة في حيز صغير جداً في مركز الذرة ويحمل شحنة مشابهة لجسيمات ألفا (موجبة) سميت بالنواة

4- قارن بين تصور طومسون وتصور رذرفورد للذرة

تصور طومسون	تصور رذرفورد
1- الذرة عبارة عن كرة مصمتة موجبة الشحنة تنغرس فيه شحنات سالبة 2- الذرة متعادلة الشحنة الكهربية  تصور تومسون للذرة	1- معظم حجم الذرة فراغ 2- تتركز كتلة الذرة في حيز صغير جداً (النواة) 3- تدور الإلكترونات حول النواة على مسافات بعيدة عنها نسبياً وفي مدارات محددة . 4- الذرة متعادلة الشحنة . نموذج رذرفورد للذرة

5- ما الانتقادات التي وجهت لكل من : نموذج طومسون ، نموذج رازدفورد للذرة .

الانتقادات التي وجهت لنموذج طومسون :ذكر أن : أ- الذرة كرة مصمتة ، إلا أن التجربة العملية التي قام بها رذرفورد أثبتت أن معظم حجم الذرة فراغ .

ب- الشحنات الموجبة والسالبة موزعة داخل الذرة ، إلا أن تجربة رذرفورد أثبتت أن النواة الموجة تشغل حيز صغير في مركز الذرة وأن الالكترونات تدور حولها على مسافات بعيدة نسبياً .

الانتقادات التي وجهت لنموذج رذرفورد : أ- لم يستطع تفسير استقرار البناء الذري
ب- لم يستطع تفسير الأطياف الذرية للعناصر

6- اذكر فروض بور عن الذرة التي استطاع بها التغلب على الصعوبات التي واجهت رذرفورد .

افترض بور أن : أ- الإلكترونات تدور حول النواة في مدارات ثابتة دون إشعاع طاقة .
ب- يشع الإلكترون طاقة عند الانتقال من مستوى أعلى طاقة (E_m) إلى مستوى آخر أقل منه في الطاقة (E_n)
ج- يكون الاشعاع على هيئة كمات بحيث طاقة الكم تساوي الفرق بين طاقتي المستويين ($E_m - E_n$) .

7- مالانتقادات التي وجهت لنموذج بور للذرة

أ- تعارض الفرض الأول لبور مع نظرية الإشعاع الكهرومغناطيسي .
ب- اقتصرت تجاربه على ذرة الهيدروجين وهي أبسط الذرات .

8- إفترض دى برولي "أن مدار الإلكترون لا يكون مستقرا إلا إذا احتوى على عدد صحيح من الأطوال الموجية المصاحبة للإلكترون" . في ضوء هذه العبارة أجب عن الأسئلة الآتية:

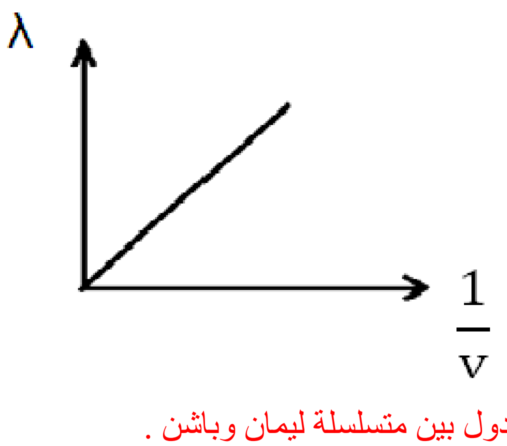
١- ارسم العلاقة بين طول موجة دبرولي (المحور الصادي) ومقلوب سرعة اللالكترون ($\left(\frac{1}{v}\right)$)(المحور السيني).

٢- من الرسم أثبت أن ميل المنحنى السابق يساوي ($7.29 \times 10^{-4}\ m^2/_s$).

٣- ماذا تتوقع ان يحدث لطول موجة دبرولي المرافقة لالكترون في مداره كلما زاد نصف قطر المدار؟

الإجابة

-1



-2 $slope = \frac{h}{m} = 7.29 \times 10^{-4}\ m^2/_s$

-3 يزيد الطول الموجي

9- قارن في جدول بين متسلسلة ليمان وباشن .

وجه المقارنة	متسلسلة ليمان	متسلسلة باشن
المدار الذي ينتقل إليه الإلكترون	الأول K	الثالث M
المنطقة التي تشغلها المتسلسلة	الأشعة فوق البنفسجية	الأشعة تحت الحمراء

10- ما هو شرط استقرار الذرة عند دي برولي .

أن يحتوي مدار الإلكترون على عدد صحيح من الأطوال الموجية للموجات الموقوفة المصاحبة لحركة الإلكترون ،

أي أن : $n\lambda = 2\pi r_n$

11)إفترض دى برولي "أن مدار الإلكترون لا يكون مستقرا إلا إذا احتوى على عدد صحيح من الأطوال الموجية المصاحبة للإلكترون" . في ضوء هذه العبارة أجب عن الأسئلة الآتية:

١- ارسم العلاقة بين طول موجة دبرولي (المحور الصادي) ومقلوب سرعة اللالكترون ($\left(\frac{1}{v}\right)$)(المحور السيني).

٢- من الرسم أثبت أن ميل المنحنى السابق يساوي ($7.29 \times 10^{-4}\ m^2/s$).

٣- ماذا تتوقع ان يحدث لطول موجة دبرولي المرافقة للالكترون في مداره كلما زاد نصف قطر المدار؟

الإجابة : (أجب بنفسك)

العلاقات الرياضية مع ملاحظات هامة

أولاً : علاقات تجربة طومسون

1- تطبيق مجال مغناطيسي فقط على الشعاع الإلكتروني : يتأثر الإلكترون المتحرك بقوة مغناطيسية (F_m)

$$F_m = B\,e\,v \quad (N)$$

حيث أن : (B) شدة المجال المغناطيسي بالتسلا (T) ، (e) شحنة الإلكترون = 1.6×10^{-19} C ، (v) سرعة الإلكترون بوحدة (m/s) .

ملحوظة : القوة المغناطيسية تجعل الإلكترون يتخذ مسار دائري وتنشأ قوة مركزية (F_c) تعطى من العلاقة :

$$F_c = \frac{mv^2}{r} \quad (N)$$

حيث (r) نصف قطر المسار الدائري الذي يتخذه الإلكترون ، (m) كتلة الإلكترون = 9.1×10^{-31} Kg

وبمساواة القوتين المغناطيسية والمركزية نحصل على الشحنة النسبية للإلكترون (e/m) بوحدة (C/Kg)

$$e/m = \frac{v}{Br} \quad C/Kg$$

ملحوظة : المقدار e/m مقدار ثابت وقيمته 1.76×10^{11} C/Kg (لايعتمد على أي من: v أو B)

مثال 1 :في تجربة طومسون وجد أن شدة المجال المغناطيسي $0.4\ T$ ومتوسط سرعة الإلكترون $4\times10^6\ m/s$ احسب نصف قطر مسار الإلكترون .

الحل

$$e/m = \frac{v}{Br} \Rightarrow 1.76\times10^{11} = \frac{4\times10^6}{0.4\times r} \Rightarrow r = \frac{4\times10^6}{0.4\times1.76\times10^{11}} = 5.7\times10^{-5}\ m$$

2- تطبيق مجال كهربائي فقط على أشعة المهبط : يتأثر الإلكترون بقوة كهربائية (F_E)

$$F_E = e\,E \quad (N)$$

حيث: (E) شدة المجال الكهربائي بوحدة (N/C)

ملحوظة : تتسبب القوة الكهربائية في تسارع الإلكترونات وإكسابها طاقة حركة $(K.E)$

بحيث تكون : (النقص في طاقة الوضع) $\Delta P.E =$ (الزيادة في طاقة الحركة): $\Delta K.E$

$$\therefore \ {}^1\!/_2\, mv^2 = e\,V$$

الجهد بين لوحي حيث (V) فرق المجال (لوحا الانحراف) ، ($E = \frac{V}{d}$)

$$e/m = \frac{v^2}{2V} \quad C/Kg$$

ومنها يمكن حساب السرعة التي تكتسبها الإلكترونات (v) : $v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$ *أي أن:* $v \propto \sqrt{V}$

وكذلك فرق الجهد اللازم لتسريع الإلكترون (V) : $V = \frac{v^2}{2\times e/m}$

مثال2 :في تجربة طومسون وبتطبيق مجال كهربائي بواسطة لوحين فرق الجهد بينهما 1300v *احسب السرعة التي تكتسبها الإلكترونات .*

الحل

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{2 \times 1.6 \times 10^{11} \times 1300}$$

$$= 20.4\times10^{6} \quad m/s$$

3- تطبيق المجالين الكهربائي والمغناطيسي معاً

شرط الاتزان (والذي عنده تسير أشعة المهبط في خط مستقيم دون انحراف في وجود المجالين)

أي أن : القوة الكهربية = القوة المغناطيسية

$$Bev = E e$$

ومنها: سرعة الإلكترون (v) ⟸ $v = \frac{E}{B}$

الشحنة النسبية للإلكترون (e/m) ⟸ $e/m = \frac{E}{r B^2}$

مثال 3 : في المثال رقم 1 : احسب شدة المجال الكهربائي اللازم تطبيقه على الأنبوبة لمنع الإلكترونات من الإنحراف .

الحل : عند الإتزان $e/m = \frac{E}{r B^2}$

$$1.76\times 10^{11} = \frac{E}{(0.4)^2\times5.7\times10^{-5}}$$

$$E = 16\times 10^{5} \ N/C$$

مثال : 4 أوجد فرق الجهد اللازم لتسريع إلكترون في أنبوب التفريغ الكهربائي حتى يكون الطول الموجي المصاحب (1.3 x 10^-10 m).

الحل

$$\lambda = \frac{h}{mv} \to 1$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV \to 2$$

بالتعويض من (1) في (2):

$$V = \frac{h^2}{2me\lambda^2}$$

$$V = \frac{(6.63x10^{-34})^2}{2x9.11x10^{-31}x1.6x10^{-19}x(1.3x10^{-10})^2} = 89.3V$$

تمرين 6 في تجربة تومسون لقياس الشحنة النسبية للإلكترون (e/m)، أستخدم شعاع من الإلكترونات تم التأثير عليه بمجال كهربائي وآخر مغناطيسي شدته (10T). في ضوء ما سبق أجب عن الأسئلة الآتية:

١- علل: في الجهاز المستخدم لابد من وجود مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين.

٢- عند انعدام المجال الكهربائي احسب سرعة الشعاع الإلكتروني إذا اتخذ مساراً دائرياً نصف قطره ($3\times10^{-5}m$).

٣- ماذا يحدث لمقدار كل من نصف قطر المسار الدائري للشعاع الإلكتروني والشحنة النسبية عند زيادة قيمة شدة المجال المغناطيسي؟

الحل : متروك للطالب

تمرين 7- شعاع الكتروني يتحرك بسرعة ($8\times10^{6} m/s$) بين لوحي مكثف المسافة بينهما (0.2 mm) أثر عليه مجال مغناطيسي متعامد شدته (5T) احسبْ ما يلي:

أ- فرق الجهد اللازم لجعل الشعاع يتحرك في خط مستقيم .

ب- نصف قطر انحناء المسار إذا انعدم الجهد الكهربائي .

فكرة الحل : أ- أوجد شدة المجال الكهربي (E) من العلاقة $v = \frac{E}{B}$ ثم أوجد فرق الجهد من العلاقة $V=Ed$ حيث d المسافة بين لوحي المكثف ($V = 8000\ v$)

ب- احسب r من شرط الاتزان $e/m = \frac{E}{r\,B^2}$ ($r = 9\times 10^{-6}\ m$)

ثانياً : علاقات رذر فورد

1- نصف قطر مدار الإلكترون (r_n) : $r_n = r_1 n^2$

حيث r_1 نصف قطر المدار الأول لذرة الهيدروجين = $0.5\ \overset{0}{A}$ (ويسمى نصف قطر بور أو ثابت بور)

، n رقم المدار ⟸ لاحظ أن: $r_n \propto n^2$ ، $r_1 : r_2 : r_3 = 1 : 4 : 9$

2- كمية التحرك الزاوي لإلكترون ذرة الهيدروجين = عدد صحيح من المقدار $\frac{h}{2\pi}$

$$mvr_n = \frac{nh}{2\pi} =$$

حيث : h ثابت بلانك ، m كتلة الإلكترون ، v سرعة الإلكترون ،

ملحوظة : السرعة الزاوية للإلكترون (ω) = $\frac{v}{r}$ ووحدتها Rad/S

3- سرعة الإلكترون (v): من العلاقة السابقة نجد أن : $V = \frac{nh}{2\pi mr}$

ملحوظة : هناك علاقة أخرى لحساب سرعة الإلكترون : $v = \frac{2\pi ke^2}{nh}$ (سوف نتعرض لإثباتها لاحقاً)

4- حساب طاقة حركة الإلكترون (E_n) في مداره (n) بوحدة الإلكترون فولت (ev) : $E_n = \frac{E_1}{n^2} Z$

حيث :(E_1)طاقة المستوى الأول = 13.6 ev- ، (Z) العدد الذري للعنصر (فى حالة الهيدروجين = 1)

فتكون العلاقة في ذرة الهيدروجين : $E_n = \frac{E_1}{n^2}$ ev (أنظر الإثباتات الرياضية لاحقاً) .

من هذه العلاقة : أولاً $E_n \propto \frac{1}{n^2}$

ثانياً) نسب الطاقة بين المستويات $E_1 : E_2 : E_3 = 1 : \frac{1}{4} : \frac{1}{9}$

ملحوظة : طاقة المستوى = طاقة الإلكترون في المستوى

5- طاقة وضع الإلكترون (p.E) = ضعف طاقة حركته (بوحدة الإلكترون فولت)

$p.E = 2\ E_n = e\ V$ (حيث V الجهد الكهربي للإلكترون)

ومنها : الجهد الكهربي للإلكترون $V\ (v) = \frac{P.E(j)}{e(c)} = p.E\ \ (ev)$

مثال 1 : احسب نصف قطر المدار الثالث في ذرة الهيدروجين ، ومامقدار سرعة الإلكترون في هذا المستوى ؟

الحل $r_n = r_1 n^2 = 0.5\times 10^{-10} \times 3^2 = 4.5\times 10^{-10}$ m

سرعة الإلكترون $V = \frac{nh}{2\pi mr} = \frac{3\times6.62\times10^{-34}}{2\pi\times4.5\times10^{-10}\times9.1\times10^{-31}} = 7.7\times 10^5 \frac{m}{s}$

مثال 2 : احسب كمية التحرك الزاوي لإلكترون ذرة الهيدروجين في المستوى الرابع

كمية التحرك الزاوي $= \frac{nh}{2\pi} = \frac{4\times6.62\times10^{-34}}{2\pi} = 4.2\times 10^{-34}$ Kg m^2/s

---

مثال 3 : إذا كانت كمية التحرك الزاوي للإلكترون في ذرة الهيدروجين Kg.m^2/s 5.28×10^{-34} فأوجد أ- رقم المدار ب- السرعة الزاوية للإلكترون

الحل أ- كمية التحرك الزاوي $= \frac{nh}{2\pi} \Longrightarrow n = \frac{2\pi\times5.28\times10^{-34}}{6.62\times10^{-34}} = 5$

ب- نوجد أولا نصف قطر المدار الخامس $r_5 = 0.5\times 10^{-10} (5)^2 = 12.5 \times 10^{-10}$ m

كمية التحرك الزاوي$= mvr_n$ $V = \frac{5.28\times10^{-34}}{12.5\times10^{-10}\times9.1\times10^{-31}} = 4.6\times10^5$ m/s

السرعة الزاوية $\omega = \frac{v}{r} = \frac{4.6\times10^5}{12.5\times10^{-10}} = 3.7\times 10^{14}$ Rad/s

مثال 4: إذا علمت أن مقدار الشحنة لنواة النيون (Ne) = 10+ فاحسب مقدار الطاقة في المستوى الأول لهذه الذرة

الحــل : $E_n = \frac{E_1}{n^2} Z = \frac{-13.6}{(1)^2} \times 10 = -136 \text{ ev}$

مثال 5 : اذا كانت طاقة حركة الإلكترون في مداره 2.418×10^{-19} j فما هو رقم المدار

الحــل : أوجد أولا الطاقة بالإلكترون فولت $E = \frac{2.418\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 1.5 \text{ ev}$

$E_n = \frac{E_1}{n^2} \Longrightarrow -1.5 = \frac{-13.6}{n^2} \quad n^2 = 9 \Longrightarrow n = 3$

تمرين 6 : احسب طاقة وضع الإلكترون في المدار الثالث لذرة الهيدروجين بـ ev

$p.E = 2 E_n = 2 \frac{-13.6}{(3)^2} = -3 \text{ ev}$

قوانين بور لطيف ذرة الهيدروجين

6- الفرق بين طاقتي المستويين (بالإلكترون فولت):

$$\Delta E = E_m(\text{الأعلى}) - E_n(\text{الأدنى})$$

$$= \frac{E_1}{m^2} - \frac{E_1}{n^2}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = E_1\left[\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right]$$

7- الطول الموجي (λ)

$$\frac{1}{\lambda} = -\frac{E_1}{hc}\left[\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right]$$

حيث $R = -\frac{E_1}{hc}$ ثابت ريدبرج = $1.1\times10^{7}\ m^{-1}$

ملاحظات هامة على مسائل طيف الهيدروجين

1) إذا طلب : أكبر طاقة (ΔE_{max}) ، أكبر تردد($\mathcal{F}_{max}$) ، أقصر طول موجي (λ_{min}) لأي متسلسلة فإن الإنتقال يكون من مالا نهاية ($m = \infty$) ، n = رقم المستوى الذي ينتقل إليه الإلكترون في هذا المستوى (n = 1 في ليمان ، 2 في بالمر ، 3 في باشن)

2) إذا طلب : أقل طاقة (ΔE_{min}) ، أقل تردد ($\mathcal{F}_{min}$) ، أطول طول موجي (λ_{max}) لأي متسلسلة فإن الإنتقال يكون من المستوى الذي يعلو المستوى n *لهذه المتسلسلة مباشرة* (m=n+1)

3) $\frac{1}{\infty}$ = صفر

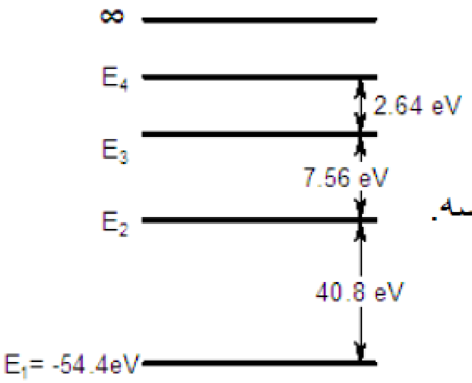
مثال 7 احسب : تردد الفوتون الصادر عن ذرة الهيدروجين عند عودة الإلكترون من المستوى الثاني للطاقة إلى مستوى الاستقرار .

الحل

$$\Delta E = hf = E_1\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) = -13.6\left(\frac{1}{2^2} - 1\right) = 10.2\ ev$$

$$= 10.2 \times 1.6 \times 10^{-19}\ j$$

$$F = \frac{10.2\times1.6\times10^{-19}}{6.62\times10^{-34}} = 24.6\times 10^{14}\ \ Hz$$



مثال 8- المخطط البياني المقابل يمثل مستويات الطاقة لذرة ايون الهيليوم ($^4_2He^+$) بفرض ان الالكترون متواجد في المستوى الثالث.

١ -أحسب اكبر طول موجي للفوتون الذي يستطيع الذرة امتصاصه.

٢ -ما مقدار الجهد الذي يمتلكه الإلكترون في المستوى الرابع؟

٣ -ايهما يمتلك نصف قطر أكبر ذرة الهيدروجين أم الهيليوم ؟ فسر ذلك.

الحل

$$\Delta E = 2.64eV$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$\lambda = \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{2.64\times1.6\times10^{-19}} = 4.68\times10^{-7}m$$

$$E_4 = \frac{-54.4}{16} = -3.4eV$$

$$PE = -2\times3.4eV$$

$$PE = eV \Rightarrow V = \frac{-6.8}{e} - 6.8V$$

الهيليوم تمتلك نصف قطر اقل لان $r \propto \frac{1}{z}$

تمرين : أوجد أكبر قيمة للطاقة تشعها الذرة في متسلسلة ليمان – ثم اوجد أطول طول موجي

الحل أكبر طاقة في ليمان : عند عودة الإلكترون من مالا نهاية إلى المستوى الأول

$$\Delta E = -13.6\left(\frac{1}{\infty^2} - \frac{1}{1^2}\right) = 13.6\ ev = 13.6\times1.6\times10^{-19} = 21.76\times10^{-19}\ j$$

حساب أطول طول موجي

$$\frac{1}{\lambda} = -\frac{E_1}{hc}\left[\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right]$$

$$= 1.1\times10^{7}(1-0) = 1.1\times10^{7}\ m^{-1}$$

$$\lambda_{max} = 9.1\times10^{-8}\ m = 91\ nm$$

تمرين10-تم استخدام مطياف ذو منشور لتحديد الأطياف التي يمكن أن تصدر من إنتقال إلكترون بين مستويات ذرة الهيدروجين فشوهدت الخطوط الموضحة بالشكل الآتي:

أ. إلى أي متسلسلة تنتمي خطوط الطيف؟

ب. أي خطوط الطيف تنتج من انتقال الإلكترون بين مستويين لهما أكبر فرق في الطاقة؟

ج. إذا كان للخط الأحمر أكبر طول موجي ضمن خطوط الطيف، حدد رقم مستوى الطاقة الذي انتقل منه الإلكترون.

الحل (متروك للطالب)

علاقة دي برولي

الطول الموجي المصاحب لحركة الجسيمات يعطى من العلاقة :

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

حيث h ثابت بلانك ، m كتلة الإلكترون ، v *سرعة الإلكترون*

شرط استقرار الالكترون في مداره

$$2\pi r = n\lambda$$

مثال 11- احسب طول موجة دي برولي المصاحبة لكلٍّ من:

(أ) كرة كتلتها $2\ kg$ ألقيت بسرعة $15\ m/s$.

(ب) بروتون تم تحريكه بسرعة $1.3\ \times 10^5\ m/s$.

(ج) إلكترون يتحرك بسرعة $5\ \times 10^4\ m/s$.

الحل من علاقة دي برولي

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

أ – $\lambda = \frac{6.62\times10^{-34}}{2\times15} = 0.22\times10^{-34}\ m$

ب ــ متروك للطالب

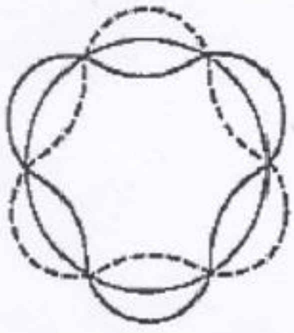
ج – $\lambda = \frac{6.62\times10^{-34}}{9.1\times10^{-31}.\times5\times10^{4}} = 14.5\times10^{5} m/s$

(قارن بين النتائج التي حصلت عليها)

تمرين12) جسيم مجهري يتحرك بسرعة $1.2\ \times 10^5\ m/s$ ، فإذا علمت أن طول موجة دي برولي المصاحبة لهذا الجسيم يساوي $8.4\times10^{-14}\ m$ احسب كتلته.

الحل متروك للطالب (0.65×10^{-25} Kg)

مثال 13- الشكل المقابل يوضح نمطاً لموجات موقوفة لإلكترون ذرة الهيدروجين. ادرسه ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



١- ما رقم المدار (n) الذي يوجد فيه هذا الإلكترون؟

٢- إذا علمت أن نصف قطر المدار الذي يوجد فيه هذا الإلكترون يساوي (4.761×10^{-10} m)، فأوجد الطول الموجي المصاحب لهذا الإلكترون.

الحل :

-1 رقم المدار (n) : الثالث

أو: n=3

-2

$\because 2\pi r_n = n\lambda \qquad \therefore \lambda = \dfrac{2\pi r_n}{n}$

$$\therefore \lambda = \frac{2\pi \times 4.761\times10^{-10}}{3} = 9.97\times10^{-10}\ m$$

حل آخر:

$$2\pi r_n = 2\pi r_1 n^2 = n\lambda$$

$$\lambda = 2\pi(0.529\times10^{-10})\times3 = 9.97\times10^{-10} m$$

إثباتات رياضية

1) أثبت أن نصف قطر المدار الثاني لأيون الهيليوم يساوي ضعف نصف قطر المدار الأول لذرة الهيدروجين.

الحل :

$$r_n = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 mkZe^2} = \frac{n^2}{Z} \times r_1$$

$$r_2 = \frac{4}{2} \times r_1 = 2 \times r_1$$

---

2) إذا كانت سرعة الإلكترون خلال حركته في مدارات ذرة الهيدروجين تعطى بالعلاقة: $v = \frac{nh}{2\pi m r_n}$

اثبت أن الطول الموجي المصاحب يساوي $(\lambda = 2\pi n r_1)$

الحل :

$$v = \frac{nh}{2\pi m r_n} \Rightarrow \frac{2\pi r_n}{n} = \frac{h}{mv}$$

و $\lambda = \frac{h}{mv} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi r_n}{n}$

و $r_n = r_1 n^2 \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi n^2 r_1}{n} = 2\pi n r_1$

---

3) مبتدئاً بالعلاقة $(\lambda = \frac{h}{mv})$ أثبت أن الطول الموجي المصاحب يساوي $(\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mKE}})$

$$K.E = {}^1\!/_2\, mv^2 \quad \therefore \quad V = \sqrt{\frac{2K.E}{m}}$$

وبالتعويض في λ ينتج أن :

$$\lambda = \frac{h}{mv} \qquad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2mKE}}$$

4) من دراستك للطبيعة الموجية للإلكترون أثبت أن الطول الموجي المرافق للإلكترون يساوي :

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emV}}$$

الحل : من علاقة دي برولي $\lambda = \frac{h}{mv}$

$${}^{1}/_{2}\, mv^2 = \text{e V} \quad \therefore v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

وبالتعويض في علاقة دي برولي ينتج أن : $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emV}}$

---

5) استنتج أن طاقة حركة الإلكترون في مداره تساوي $\left(\frac{E_1}{n^2}\right)$ علما بأن المقدار $\left(\frac{2\pi^2 e^4 mZ^2K^2}{h^2} = E_1\right)$.

الإجابة

$$\because v = \frac{nh}{2\pi m r_n}, r_n = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 mkZe^2}$$

$$\therefore v = \frac{nh}{2\pi m \frac{n^2h^2}{4\pi^2 mkZe^2}},$$

$$\therefore v = \frac{2\pi kZe^2}{nh}$$

$$KE_n = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left[\frac{2\pi kZe^2}{nh}\right]^2 = \frac{2\pi^2 mk^2Z^2e^4}{n^2h^2}$$

$$\therefore KE_n = \frac{E_1}{n^2}$$

---

6) إذا كانت طاقة الوضع للإلكترون في مداره $PE = -K\frac{ze^2}{r_n}$. اثبت أن الطاقة الكلية للإلكترون $(E_n = \frac{1}{2}PE)$.

الإجابة

$$\because PE = -k\frac{Ze^2}{r_n}$$

$$\because r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 mkZe^2}$$

$$\therefore PE = -\frac{4\pi^2 mk^2 Z^2 e^4}{n^2 h^2} \rightarrow (1)$$

$$\because E_n = -\frac{2\pi^2 mk^2 Z^2 e^4}{n^2 h^2} \rightarrow (2)$$

بمقارنة المعادلتين (١) و (٢) نستنتج أن :

$$\therefore E_n = \frac{1}{2}PE$$

7- اثبت أن سرعة الإلكترون لذرة الهيدروجين في مداره (n) تعطى من العلاقة :

$$v = \frac{2\pi ke^2}{nh}$$ حيث (K) ثابت كولوم

الحل

F_E (القوة الكهربية) $=$ F_c (القوة المركزية)

$$K\frac{Ze \cdot e}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

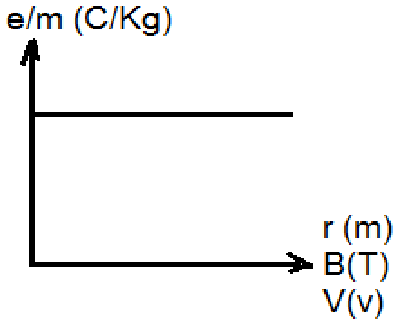
في ذرة الهيدروجين (Z = 1) $\Longleftarrow$ $v^2 = \frac{Ke^2}{mr}$

وبالتعويض عن (m) من العلاقة : $mvr = \frac{nh}{2\pi} \Longrightarrow m = \frac{nh}{2\pi vr}$

ينتج أن : $v = \frac{2\pi ke^2}{nh}$

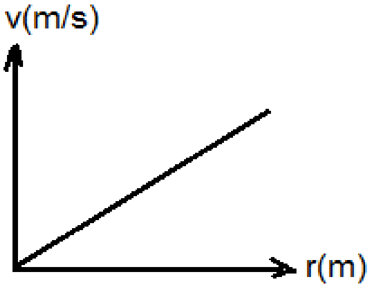
علاقات بيانية

العلاقة بين الشحنة النسبية وأي من نصف القطر أو شدة المجال المغناطيسي أو فرق الجهد الكهربي



الشحنة النسبية للجسيم مقدار ثابت

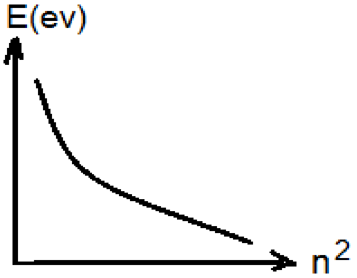
العلاقة بين سرعة الإلكترون ونصف قطر مساره الدائري



slop = v/r = B e/m

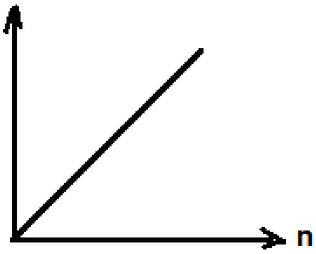
B = slop / (e/m) T

العلاقة بين طاقة الإلكترون في المستوى ورقم المستوى



طاقة المستوى تتناسب عكسي مع مربع رقم المستوى

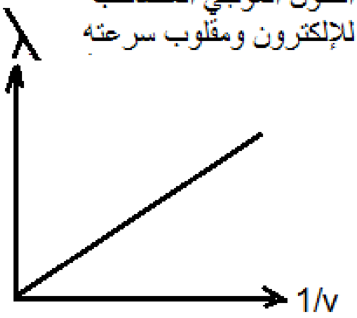
كمية التحرك الزاوي للإلكترون



رقم المستوى

slop = h/2π

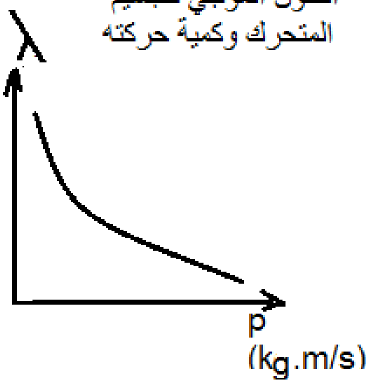
الطول الموجي المصاحب للإلكترون ومقلوب سرعته



slop = h / m

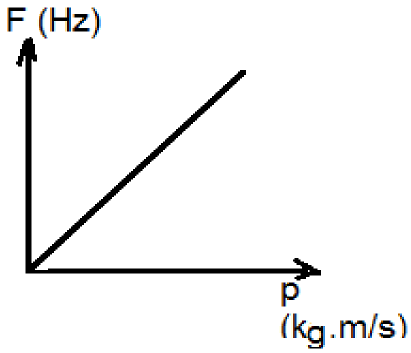
$= 7.3 \times 10^{-4}$ j.s/Kg

الطول الموجي للجسيم المتحرك وكمية حركته



علاقة عكسية

تردد موجة دي برولي المصاحبة لحركة الجسيم وكمية تحرك



slop = c / h = 4.5×10^{41} m/j s^2